

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-318324

(43)Date of publication of application : 16.11.2001

(51)Int.Cl.

G02B 26/08 G02B 27/18 H04N 5/74

(21)Application number : 2000-138763 (71)Applicant : SEIKO EPSON CORP

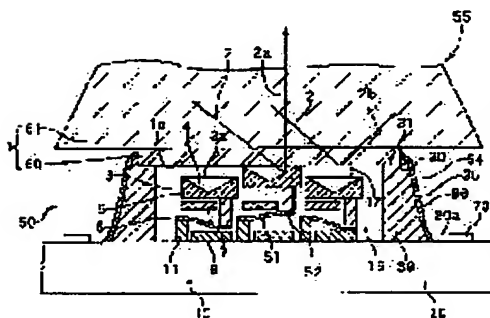
(22)Date of filing : 11.05.2000 (72)Inventor : TSUCHIYA YUTAKA
TAKEDA TAKASHI

(54) OPTICAL SWITCHING UNIT, METHOD FOR MANUFACTURING THE SAME AND
IMAGE DISPLAY DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To assure spacings of extremely good accuracy with light guides of an optical switching unit of an active type to move macrooptical elements and further to assure reliability and high-speediness.

SOLUTION: This optical switching unit is provided with walls 30 so as to enclose spaces 15 where the optical switching elements 10 line up, by which the dimensions between the light guides 1 and a substrate 20 are assured and the sealing of the spaces 15 with the substrate 20 and the walls 30 is made possible. Resistance is eliminated and the driving of the optical switching elements at high speed is made possible by reducing the pressure in



the spaces 15 and further, the problem, such as deterioration by adsorption and oxidation may be solved.

対応なし、英抄

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-318324

(P2001-318324A)

(43) 公開日 平成13年11月16日 (2001.11.16)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テームト [*] (参考)
G 0 2 B 26/08		G 0 2 B 26/08	D 2 H 0 4 1
27/18		27/18	Z 5 C 0 5 8
H 0 4 N 5/74		H 0 4 N 5/74	B

審査請求 未請求 請求項の数24 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2000-138763(P2000-138763)

(22) 出願日 平成12年5月11日 (2000.5.11)

(71) 出願人 000002369

セイコーエプソン株式会社

東京都新宿区西新宿2丁目4番1号

(72) 発明者 土屋 豊

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコ

ーエプソン株式会社内

(72) 発明者 武田 高司

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコ

ーエプソン株式会社内

(74) 代理人 100095728

弁理士 上柳 雅登 (外1名)

Fターム(参考) 2H041 AA16 AB27 AB40 AC06 AZ01

AZ08

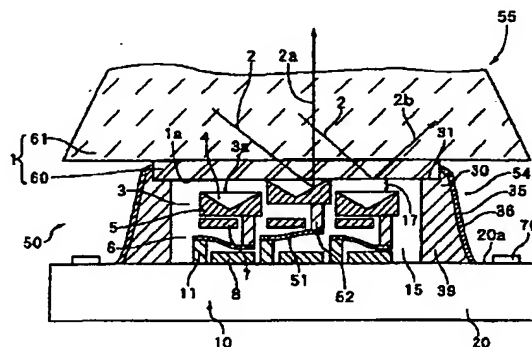
5C058 BA35 EA11 EA13 EA21

(54) 【発明の名称】 光スイッチングユニット、その製造方法および画像表示装置

(57) 【要約】

【課題】 マイクロ光学素子を移動させる能動型の光スイッチングユニットにおいては、光ガイドとの間に非常に精度の良い間隔を確保でき、さらに、信頼性および高速性を確保する。

【解決手段】 光スイッチング素子10が並んだ空間15を囲むように壁30を設け、これにより、光ガイド1と基板20との間の寸法を確保すると共に、光ガイド1、基板20と壁30で空間15を封止できるようにする。この空間15の内部を減圧することにより、抵抗をなくして高速で光スイッチング素子を駆動でき、さらに、吸着や酸化による劣化などの問題も解消できる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板と、この基板上に配置された少なくとも1つの駆動用のアクチュエータと、このアクチュエータにより駆動される光学素子と、

入射した光を伝達する全反射面を備えた光ガイドとを有し、この光ガイドの前記全反射面に対し、前記アクチュエータにより前記光学素子がエバネセント光を抽出する位置および抽出しない位置に駆動される光スイッチングユニットであって、

前記アクチュエータおよび光学素子を囲むように配置された壁をさらに有し、この壁、前記基板および光ガイドにより前記アクチュエータおよび光学素子を封止した光スイッチングユニット。

【請求項2】 請求項1において、前記壁が前記光ガイドと接触する面に反射膜が形成されている光スイッチングユニット。

【請求項3】 請求項1において、前記光ガイドの前記壁と接する領域と、前記全反射面との間に段差がある光スイッチングユニット。

【請求項4】 請求項1において、前記壁により封止された空間内に少なくとも1つの突起を有し、この突起が前記光ガイドおよび基板の両方に接している光スイッチングユニット。

【請求項5】 請求項1において、前記壁を貫通して、当該壁により封止された空間と外側を連絡する連通部を有し、この連通部が塞がれている光スイッチングユニット。

【請求項6】 請求項1において、前記光ガイドは、光を入射する部分を備えた本体と分離された平板状のカバー部材である光スイッチングユニット。

【請求項7】 請求項6において、前記カバー部材は厚みが3mm以上である光スイッチングユニット。

【請求項8】 請求項1において、前記壁の外側を樹脂モールドした光スイッチングユニット。

【請求項9】 請求項1において、前記壁が樹脂モールドである光スイッチングユニット。

【請求項10】 請求項9において、前記壁を形成する樹脂モールドは、仮止め部分と、前記壁を成形する部分の2段階に形成されている光スイッチングユニット。

【請求項11】 請求項8または9において、前記樹脂モールドの外側面はテーパー状になっている光スイッチングユニット。

【請求項12】 請求項8または9において、前記樹脂モールドの外側に、金属酸化膜、金属窒化膜または金属膜が形成されている光スイッチングユニット。

【請求項13】 請求項1において、前記壁、基板および光ガイドにより封止された空間が減圧されている光スイッチングユニット。

【請求項14】 請求項13において、前記封止された空間には減圧された不活性ガスあるいは空気が存在して

いる光スイッチングユニット。

【請求項15】 請求項1ないし14のいずれかにおいて、前記アクチュエータおよび光学素子がアレイ状に配置されている光スイッチングユニット。

【請求項16】 請求項15に記載の光スイッチングユニットと、この光スイッチングユニットに対し表示用の光を入出力する手段とを有する画像表示装置。

【請求項17】 基板と、この基板上に配置された少なくとも1つの駆動用のアクチュエータと、このアクチュエータにより駆動される光学素子と、

入射した光を伝達する全反射面を備えた光ガイドとを有し、この光ガイドの前記全反射面に対し、前記アクチュエータにより前記光学素子がエバネセント光を抽出する位置および抽出しない位置に駆動される光スイッチングユニットの製造方法であって、

前記アクチュエータおよび光学素子を取囲むように配置された壁により、前記基板および光ガイドと共に前記アクチュエータおよび光学素子を封止する工程を有する光スイッチングユニットの製造方法。

【請求項18】 請求項17において、前記封止する工程は、前記壁を貫通して、当該壁により封止された空間と外側を連絡する連通部を設ける工程と、

前記壁、基板および光ガイドにより封止された空間を減圧する工程と、

前記連通部を塞ぐ工程とを備えている光スイッチングユニットの製造方法。

【請求項19】 請求項17において、前記光ガイドは、光を入射する部分を備えた本体と分離された平板状のカバー部材である光スイッチングユニットの製造方法。

【請求項20】 請求項17において、前記壁の外側を樹脂モールドする工程をさらに有する光スイッチングユニットの製造方法。

【請求項21】 請求項17において、樹脂モールドにより前記壁を形成する光スイッチングユニットの製造方法。

【請求項22】 請求項21において、前記壁を形成する樹脂モールドは、仮止め部分と、前記壁を成形する部分の2段階に形成されている光スイッチングユニットの製造方法。

【請求項23】 請求項21または22において、前記樹脂モールドの外側面をテーパー状にすることを特徴とする光スイッチングユニットの製造方法。

【請求項24】 請求項21ないし23のいずれかにおいて、前記樹脂モールドの外側に、金属酸化膜、金属窒化膜または金属膜を形成する工程をさらに有する光スイッチングユニットの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、データプロジェク

タ、ビデオプロジェクタなどの映像投射装置あるいは画像表示装置に適した画像表示デバイスなどに用いられる光スイッチングユニットおよびそれを用いた画像表示装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】プロジェクタなどの画像表示装置のライトバルブとして光をオンオフ制御できる画像表示デバイスとしては、液晶を用いたものが知られている。しかしながら、この液晶を用いた画像表示デバイスは、高速応答特性が悪く、たかだか数ミリ秒程度の応答速度でしか動作しない。このため、高速応答を要求されるような高解像度の画像を表示する装置、さらには、光通信、光演算、ホログラムメモリー等の光記録装置、光プリンターは、液晶を用いたスイッチングデバイスで実現するのは難しい。

【0003】そこで、上記のような用途に対応できる高速動作可能なスイッチングデバイスあるいは画像表示デバイスが求められており、ミクロンオーダあるいはさらに小さなサブミクロンオーダの微細構造（マイクロストラクチャ）を備えたスイッチングデバイスの開発が鋭意進められている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】その1つは、本願出願人が出願中の、光を全反射して伝達可能な導光部（光ガイド）の全反射面に対し光学素子の抽出面を接触させてエバネセント光を抽出し、光学素子の1波長程度あるいはそれ以下の微小な動きによって、高速で光を変調制御可能な光スイッチングデバイスである。

【0005】図1に、エバネセント光によるスイッチングを行う画像表示デバイス（光スイッチングデバイス）を用いた画像表示装置の一例としてプロジェクタ80の概略を示してある。このプロジェクタ80は、白色光源81と、この白色光源81からの光を3原色に分解して画像表示ユニット（光スイッチングユニット）55の導光板（光ガイド）1に入射させる回転色フィルタ82と、各色の光を変調して出射する画像表示ユニット55と、出射された光85を投射する投写用レンズ86とを備えている。そして、各色毎の変調された光85がスクリーン89に投写され、時間的に混色されることにより多階調マルチカラーの画像が出力される。プロジェクタ80は、さらに、画像表示ユニット55および回転色フィルタ82を制御してカラー画像を表示する制御回路84を備えている。画像表示ユニット55は、光ガイド1と以下に詳述する画像表示デバイス（光スイッチングデバイス）50とにより構成されており、この制御回路84からカラー画像を表示するためのデータφなどは画像表示デバイス50に供給される。

【0006】画像表示ユニット55は、光を受光あるいは入射する面1bを備えた台形プリズム状の光ガイド1を備えており、図1に示したプロジェクタ80において

は、その光ガイド1の入射面1bに対し投影用の光を供給する光源81および光ガイド1から出射された光を投写するレンズ86などを備えた光を入出力する手段と、光ガイド1に供給された投映用の光を全反射面1aで変調する画像表示デバイス50とを備えている。そして、この画像表示デバイス50により光ガイド1から漏出するエバネセント光を制御して画像が表示される。

【0007】図2に、エバネセント波（エバネセント光）を利用して光を変調する画像表示デバイス（エバネセント光スイッチングデバイス）50の概要を示してある。画像表示デバイス50は複数の能動型の光スイッチング素子（光スイッチング機構）10が2次元に配列されたスイッチングデバイスであり、個々の光スイッチング素子10は、入射した光2を全反射して伝達可能な導光板（光ガイド）1に接近および離反して光を変調可能な光学素子（スイッチング部）3と、この光学素子部3を駆動するアクチュエータ6とを備えている。そして、光学素子3の層およびアクチュエータ6の層がアクチュエータ6を駆動する駆動回路およびデジタル記憶回路（記憶ユニット）が作りこまれた半導体基板20の上に積層され、1つの画像表示デバイスとして集積化されている。

【0008】図2を参照してエバネセント光を利用した本例の画像表示デバイス50についてさらに詳しく説明しておく。個々の光スイッチング素子10をベースに説明すると、図2の左側に示した光スイッチング素子10aはオン状態であり、右側に示した光スイッチング素子10bがオフ状態である。光学素子3は、光ガイド1の全反射面1aに密着する面（接触面または抽出面）3aと、この面3aが全反射面1aに密着したときに漏れ出たエバネセント波を抽出して内部で導光板1に対しほぼ垂直な方向に反射するV字型の反射プリズム（マイクロプリズム）4と、このV字型のプリズム4を支持するサポート構造5とを備えている。

【0009】図2に示したアクチュエータ6は、光学素子3を静電駆動するタイプであり、そのために、光学素子3のサポート構造5と機械的に連結されて光学素子3と共に動く上電極7と、この上電極7と対峙した位置で半導体基板20に固定された下電極8とを備えている。さらに、上電極7はアンカープレート9から上方に伸びた支柱11により支持されており、上電極7はアンカープレート9を介して半導体基板20の最上面20aに機械的に取付けられている。したがって、上電極7と下電極8に異なる電圧を供給すると上電極7が下方に動き、これに連動して光学素子3が光ガイド1から離れる（第2の位置）。一方、上電極7は弾性部材としての機能を部分的に備えており、上電極7および下電極8に供給されていた電圧が除去されると上電極7が離れ、上電極7の弾性により光学素子3が光ガイド1の全反射面1aに密着する（第1の位置）。

【0010】図1に示したように、光ガイド1は台形状になっており入射面1bに対し垂直に入射された照明光（入射光）2が全反射面1aで全反射する角度で伝達される。したがって、光ガイド1の内部では全ての界面、すなわち、光学素子3に面した側1aと、上方の面（出射面）において光が繰り返し全反射し、導光板1の内部が光線で満たされる。この状態で巨視的には照明光2は導光板1の内部に閉じ込められ、その中を損失なく伝播している。一方、微視的には、導光板1の全反射している面1aの付近では、導光板1から光の波長程度のごく僅かな距離だけ、入射光2が一度漏出し、進路を変えて再び導光板1の内部に戻るという現象が起きている。このように面1aから漏出した光を一般にエバネッセント波と呼ぶ。このエバネッセント波は、全反射面1aに光の波長程度またはそれ以下の距離で光学素子を接近させることにより取り出すことができる。本例の光スイッチング素子10は、この現象を利用して導光板1を伝達する光を高速で変調、すなわち、スイッチング（オンオフ）することを目的としてデザインされている。

【0011】図2の光スイッチング素子10aでは、光学素子3が導光板1の全反射面1aに圧迫され、抽出面3aが全反射面1aに接近または密着した状態となるので、光学素子3にエバネッセント波を抽出することができる。このため、光学素子3のマイクロプリズム4で光2は角度が変えられて出射光2aとなり、図1に示すプロジェクタ80の投映用の光85として利用される。

【0012】一方、光スイッチング素子10bでは、電極7および8に静電力が作用するので光学素子3が全反射面1aから離れた第2の位置に動かされる。したがって、光学素子3によってエバネッセント波は抽出されず、光2は全反射面1aによって反射され光ガイド1の内部から出ない。

【0013】エバネッセント波を用いた光スイッチング素子は単独でも光をスイッチングできる装置として機能するが、図2に示したように、これらを1次元あるいは2次元方向、さらには3次元に並べて配置することができる構成になっている。特に、2次元にマトリクスあるいはアレイ状に並べて配置することにより、液晶あるいはDMDと同様に平面的な画像を表示可能な画像表示デバイス50、および光ガイドと一体となった画像表示ユニット55を提供することができる。そして、エバネッセント光を用いた画像表示ユニット55では、スイッチング部である光学素子3の移動距離がサブミクロンオーダーになるので、液晶より1桁あるいはそれ以上応答速度の速い光変調装置として利用でき、これを用いた高速動作が可能なプロジェクタ80あるいは直視型の画像表示装置を提供することが可能となる。さらに、エバネッセント光を用いた光スイッチング素子10は、サブミクロンオーダーの動きで光をほぼ100パーセントオンオフすることが可能であり、非常にコントラストの高い画像を表現す

ることができる。このため、時間的な分解能を高くすることが容易であり、高コントラストの画像表示装置を提供できる。

【0014】さらに、この光スイッチングユニット55は、駆動回路などが作りこまれた半導体集積基板20にアレイ状に配置されたアクチュエータ6および光学素子3が積層された構成の1チップの画像表示デバイス50と光ガイド1の組み合わせで構成することが可能である。すなわち、半導体基板20の上にアクチュエータ6および光学素子3といったマイクロストラクチャが構築されたマイクロマシンあるいは集積化デバイスである画像表示デバイス50と光ガイド1とを組み立てることにより画像表示ユニット55を供給でき、これを組み込むことにより動作速度が速く高解像で、さらに、高コントラストの画像を表示できるプロジェクタを提供できる。

【0015】エバネッセント光を用いたスイッチングデバイスおよび光スイッチングユニットを構成するためのアクチュエータ6は、図2の上下1対の電極を備えたものに限定されず、図3に示すように、上電極7および下電極8に加え、これらの中で動く中間電極（可動電極）51を設け、この中間電極51に連動して光学素子3が駆動されるようにすることも可能である。この画像表示デバイス50は、アクチュエータ6の構成が複雑になるが低電圧で駆動できるというメリットを備えている。さらに、電極対を使用した静電アクチュエータの代わりに、ピエゾ素子などの他の電気信号により駆動力を供給可能な機構を用いてアクチュエータを構成することも可能でありアクチュエータとしてはいくつかのものが考えられている。したがって、以下、本明細書では、簡単のため上下電極の静電駆動タイプのアクチュエータに基づき説明するが、アクチュエータの構成はこれに限定されるものではない。

【0016】このように、エバネッセント光を用いた光スイッチングユニットは、光導入プリズム（光ガイド）の下面の全反射面に接触する位置と、サブミクロンだけ間隔を開けた位置への移動により光スイッチングを行う光スイッチング素子あるいはそれらの集合であり、高速駆動が可能である。さらに、半導体基板上にマイクロアクチュエータおよびマイクロ光学素子をアレイ状に配置した構成になるので、非常にコンパクトで高分解能および高コントラストの画像表示用ユニットとして提供できる。

【0017】その反面、マイクロ光学素子の上面が光導入プリズムの下面に対し接触すると共に、それからサブミクロンだけ間隔を開けた位置への移動するサブミクロンの距離を動くミクロンオーダーあるいはサブミクロンオーダーのスイッチングユニットであるので、組み立て精度、信頼性、耐久性などの諸性能を吟味する必要がある。すなわち、マイクロ光学素子が移動する距離を正確に確保する必要がある。また、スイッチング速度を上げ

るには、常圧下では空気が光学素子およびアクチュエータの動作に障害となることがありえる。さらに、高速に動かそうとすると、水分の介在などにより、光学素子を構成する樹脂と、光ガイドを構成するガラスとの間で吸着が起こり、スイッチング速度が低下したり、スイッチングするときのパワーが必要になったり、さらには、スティッキングによりスイッチング動作できなくなる可能性がある。電極間の接触を防止するために絶縁層を設けるときには僅かではあるが電荷が溜まり、その電荷によって静電吸着を起す。したがって、このような負荷をなくすと共に、水分などの機械的な要因による吸着力はできる限り小さくしておくことが望ましい。また、プリズムの反射面に金属膜を用いている場合は、酸化により反射率が低下することも考えられる。さらに、光との相互作用により、光学素子を構成する樹脂が劣化する。

【0018】このため、本発明においては、これらの性能、信頼性および耐久性の高い光スイッチングユニットを提供することを目的としている。さらに、非常に簡単な構造で、信頼性の高い光スイッチングユニットおよびこれを用いた画像表示装置を提供することを目的として

【0019】

【課題を解決するための手段】このため、本発明の光スイッチングユニットは、基板と、この基板上に配置された少なくとも1つの駆動用のアクチュエータと、このアクチュエータにより駆動される光学素子と、さらに、入射した光を伝達する全反射面を備えた光ガイドとを有し、この光ガイドの全反射面に対し、アクチュエータにより光学素子がエバネセント光を抽出する位置および抽出しない位置に駆動される光スイッチングユニットであって、アクチュエータおよび光学素子を取囲むように配置された壁をさらに設け、この壁、基板および光ガイドによりアクチュエータおよび光学素子を封止できるようにしている。すなわち、基板と、この基板上に配置された少なくとも1つの駆動用のアクチュエータと、このアクチュエータにより駆動される光学素子と、入射した光を伝達する全反射面を備えた光ガイドとを有し、この光ガイドの全反射面に対し、アクチュエータにより光学素子がエバネセント光を抽出する位置および抽出しない位置に駆動される光スイッチングユニットの製造方法において、アクチュエータおよび光学素子を囲むように配置された壁により、基板および光ガイドと共にアクチュエータおよび光学素子を封止する工程を設けるようにしている。

【0020】本発明の光スイッチングユニットにおいては、この壁によって全反射面と基板との距離を精度良く保持できる。それと共に、その内側、すなわち、アクチュエータと光学素子が動く空間を封止できるので、その空間を減圧することが可能である。したがって、空気抵抗をなくす、あるいは減少することによりスイッチング

速度を上げることができる。また、減圧することにより水分の分圧も減るので水分が光学素子と光ガイドとの間に介在するのも防止できる。したがって、これによる吸着の問題を未然に防止できる。さらに、減圧することにより、酸素分圧も減るので、プリズムの反射面に金属膜を用いている場合でも酸化を防止でき、それに伴う反射率の低下も防止できる。また、酸素があることによる光との相互作用により光学素子を構成する樹脂が劣化するのにも防止できる。したがって、減圧することにより、性能の向上、信頼性および耐久性の向上を図ることができる。

【0021】この壁が全反射面と接触する領域では、入射した光が全反射しなくなる。したがって、壁が光ガイドと接触する面には反射膜を形成しておくことが望ましい。また、光ガイドの壁と接する領域と、全反射面との間に型成形により適当なサイズの段差を精度良く、簡単に設けることができる。このため、さらに、基板と全反射面との間の距離を精度良く管理できる。壁により封止された空間、すなわち、光学素子とアクチュエータが配置された空間内に少なくとも1つの突起を設け、この突起を光ガイドおよび基板の両方に接することが望ましい。空間の外を形成する壁で精度を出すのに加えて、空間内部の寸法を精度良く維持するのが簡単になる。

【0022】壁、基板および光ガイドで囲われた領域を減圧するには、減圧雰囲気中でこれらをすべて組み立てる方法がある。しかしながら、減圧雰囲気内でこれらの組立作業を行うためには、そのような環境を構築する施設に費用がかかり、作業員のアクセスが難しい。これに対し、壁を貫通して、壁により封止された空間と外側を連絡する連通部を予め、この連通部を介して内部を減圧した後に、連通部だけ塞ぐことにより、組み立ての大部分は通常の条件で行うことができる。したがって、製造コストを下げることができる。

【0023】また、光ガイドは一般に画像を形成するための光を入射する面を設けるために、台形、平行四辺形などの多面体となり、厚いプリズムが要求される。したがって、このような光ガイドをそのまま用いて空間を封止しようとする光ガイドのハンドリングが大変であり、また、組たったサイズも大きい。このため、真空チャンバーなどの減圧スペースの占有率が高くなり製造効率が悪くなるなどの問題がある。そこで、本発明においては、封止する部分として用いる光ガイドは、光を入射する部分を備えた本体と分離された平板状のカバー部材にすることにより、減圧処理する際のユニットのサイズを減少している。たとえば、空間をほぼ真空にしたとき（圧力差1気圧）にカバー部材が大きく変形すると、光学素子と全反射面との密着度が低下してエバネセント光の抽出効率が低下する。全反射面のゆがみが30nm程度以下であれば、エバネセント光の抽出効率は80%以上となる。この程度の変形度、あるいはそれ以下の変形

度を維持するには、カバー部材として一辺が5mmから10mm程度のサイズの石英ガラスを用いた場合、その厚みは3mm程度以上が望ましい。

【0024】また、壁、基板および光ガイドで囲まれた空間の密閉度を上げるには、壁の外側を樹脂モールドすることが望ましい。さらには、壁を樹脂モールドで構成することも可能である。このときは、基板と光ガイド（全反射面）との距離を精度良く確保するために、仮止めする部分を設け、距離を調整した後に壁を本格成形することが望ましい。

【0025】モールド用の樹脂は、粘度が低すぎると内部の空間に侵入してアクチュエータなどの動作の障害になる可能性がある。一方、粘度が高すぎると作業性が悪い。このため、モールド用樹脂の硬化前の粘度は2万から15万cPに調整することが望ましい。また、硬化後のアウトガスは少ないほうが良く、透湿および酸素透過性も少ないことが望ましい。そして、硬化する際に壁あるいは壁の内部に侵入する量の調整をするには、UV硬化性の樹脂、たとえば、アクリル樹脂、UV硬化性のエポキシ樹脂が望ましい。さらに、モールド用の樹脂に所定の寸法を保持するためのギャップ剤（スペーサ）を入れておくことも有効である。

【0026】モールド樹脂により壁および連通部を形成し、減圧した後に塞ぐ方法はいくつかある。熱硬化性樹脂を用いると、100℃程度に加熱しながら塗布することにより硬化させて連通部を塞ぐことができる。UV硬化性樹脂を使用すれば、UV透過性のチャンパーを使用することにより、適当なタイミングで外部から連通部を塞ぐことができる。さらに、減圧した後に、連通部を塞ぐ材料を真空蒸着することも可能であり、真空チャンパー内において、減圧および封止を連続した工程で実現できる。したがって、真空を維持しやすく、光学素子およびアクチュエータが動く空間が高真空になった光スイッチングユニットを提供できる。

【0027】モールド用樹脂は、その外面がテーパー状になるように形成することが望ましい。半円状あるいは半楕円状になると、基板と光ガイドに接する面積が小さくなるので密閉性が確保しにくく、信頼性および耐久性の大幅な向上が望みにくい。また、以下において、ガスバリア膜を蒸着するもの難しくなる。

【0028】樹脂モールドにより封止した後は、このモールド樹脂を透過して酸素あるいは水分が空間に侵入しないようにすることが望ましい。そこで、本発明においては、金属酸化物製のガスバリア膜をさらにモールド樹脂の外側に形成し、水分および酸素などの気体ができる限り侵入しないようにしている。ガスバリア膜を製膜する方法には、真空蒸着法、イオンアシスト蒸着法、イオンプレーティング蒸着法、酸化反応蒸着法などを用いることができる。さらに、素材としては、酸化シリコン、酸化アルミニウムなどの金属酸化物、窒化シリコンなど

の金属窒化物、アルミニウムなどの金属膜がある。これらのうち金属製のガスバリア膜は導電性であるので、配線などの接触しないように形成する注意が必要である。そして、膜厚は50から5000オングストローム程度が良好である。

【0029】このように、本発明に係る光スイッチングユニットは、動作速度がさらに速く、信頼性も高く、そして耐久性も良い。したがって、本発明に係る光スイッチングユニット、特に、アクチュエータおよび光学素子がアレイ状に配置されている光スイッチングユニットと、この光スイッチングユニットに対し表示用の光を入出力する手段とを用いることにより、エバネセント光によるスイッチングのメリットを活かした、高速で、コントラストが高く、高解像度の画像を表示でき、さらに、信頼性および耐久性の高い画像表示装置を提供できる。

【0030】

【発明の実施の形態】第1の実施の形態

以下に図面を参照しながら、本発明についてさらに説明する。図4は本発明に係る光スイッチングユニット55であり、図3に基づき説明したエバネセント光を用いた光スイッチング素子10がアレイ状に配置されたデバイス50と、光ガイド1とが組み合わされている。また、図5は、図4における光スイッチングユニット55の断面を示した図である。なお、光スイッチング素子の数は説明のために簡略化しており、図示された数に限られるものではない。

【0031】図4および図5に示した光スイッチングユニット55は、3×3に光スイッチング素子10がアレイ状になった能動型の光学素子デバイスであり、個々の光スイッチング素子10が隣のスイッチング素子と間隔12を開けて並べられている。さらに、これらのアレイ状に配列された光スイッチング素子10を囲む壁30が設けられている。上述したように、本例の光スイッチング素子10は、アクチュエータ6として下電極8と中間電極51を有し、これらに電位差を与える事により引力が発生し、中間電極51はばねとしても機能し、それを撓ませながら下方向に移動する。同様に、上電極7と、中間電極51に電位差を与える事により引力が発生し、中間電極51は上方向に移動する。中間電極51は一方の端は支柱52を介してマイクロ光学素子3に接続されている。従って、中間電極が静電力により上方または下方に移動すると同時に、支柱52に接続されたマイクロ光学素子3も同様に上方または下方に移動する。マイクロ光学素子3はV形の反射ミラー4aを持ち、V形の反射ミラー4aの上部は透明部材によるプリズム4であり、その上面は平面の抽出面3aになっている。

【0032】これらのアレイ状の光スイッチング素子10の回りには壁30が設けてあり、壁30により基板20の上に光導入プリズム（光ガイド）1が固定されている。光ガイド1の下面に全反射面1aに斜入射した光線

2は、マイクロ光学素子3がアクチュエータ6によって下方に移動している時には、マイクロ光学素子3の上面3aと光導入プリズム1の下面1aとに間隔が生ずるため、光導入プリズム1の下面1aで方向2bに全反射される。一方、マイクロ光学素子3がアクチュエータ6によって上方に移動しおり、マイクロ光学素子3の上面3aと光導入プリズム1の下面1aが接触しているときには、光導入プリズム1の下面に斜入射した光線2は、マイクロ光学素子3の上面3aを透過し、マイクロ光学素子3に設けられたV形の反射ミラー4aによって反射され出射光線2aとなり上方に出射する。この原理により、光線はマイクロ光学素子3の上下の動きにより、2a方向と2b方向に光をスイッチングさせる事が出来るのである。

【0033】このように全反射面1aから漏れ出したエバネセント光を効率よく、高速でオンオフするには、マイクロ光学素子3をアクチュエータ6により高速で精度良く動かす必要がある。そのためには、1つには、基板20と光ガイド1の全反射面1aとの間の寸法が精度良く維持されていることが重要になる。本例の光スイッチングユニット55では、アレイ状に配置された光スイッチング素子10の外周を壁30が取囲み、これにより、全反射面1aと基板20の上面20aとの間隔が精度良く保持でき、さらに、設置や組み立てなどのときのショックによって間隔が変わるようなことも防止できる。すなわち、壁30で光導入プリズム1の下面1aを壁30の上面31で接触させ固定することにより、マイクロ光学素子3が、光ガイドの下面1aに接触したり、全反射光がマイクロ光学素子3に進入しない距離(0.5 μ m以上)に移動したりする間隔を確保することができる。

【0034】さらに、壁30はアレイ状に配置された光スイッチング素子10を囲む構造であり、アレイ状に光スイッチング素子10が配置された空間15を壁30と、基板20と、さらに光ガイド1で封止することができる。したがって、この空間15を不活性気体で充填したり、さらには、外気圧に対し空間15の内部を加圧又は減圧に保持したりすることが可能となる。不活性気体を充填することにより、水分により密着性が上がってしまう現象、あるいは酸素により耐久性が劣化する現象を避けることができ光スイッチング素子が保護できる。このため、信頼性および耐久性が飛躍的に向上する。

【0035】一方、スイッチング速度を改善するためには、空間15の内部を減圧することがのぞましい。図6に、本願発明者らがシミュレーションした結果を示してある。このシミュレーションは、図2に示した上下の電極で動くタイプの光スイッチング素子を対象に行っているが、大気圧(760torr)から1/100気圧(7.6torr)に減圧することにより応答時間は1/4から1/6程度にまで向上し、応答速度は4倍から6倍になる。さらに、減圧することにより、空間15の

内部の水分および酸素も除去できる。したがって、これらに起因する、吸着の問題、腐食あるいは劣化の問題も解決することができる。このため、壁30を設けて、光スイッチング素子の外側を覆い、内部を減圧することにより、応答速度がさらに速く、信頼性および耐久性がさらに高い光スイッチングデバイス50および光スイッチングユニット55を提供することができる。また、この光スイッチングユニット55を用いて図1に示したような画像表示装置80を構成することにより、いっそう解像度が高く、信頼性および耐久性の高い画像表示装置を提供することができる。

【0036】図7に、光スイッチング素子10がアレイ状に配列された光スイッチングデバイス50において、光スイッチング素子10と共に壁30を形成する製造工程の一例を示してある。光スイッチング素子10はミクロンあるいはそれ以下のオーダの精度が要求されるので、本例ではフォトリソグラフィ技術と、本願発明者らが開発した型転写により微細構造を成形する技術を用いてアクチュエータ6およびマイクロ光学素子3を製造している。さらに、壁30により光ガイド1の全反射面1aと光学素子3の抽出面3aとの距離を精度良く組み立てられるようにする必要がある。このため、本例では、壁30の高さと、光学素子3の抽出面3aとの間に所定のサイズの段差16を作るように型成形し、壁30に光ガイド1を乗せるだけで所望の精度が維持できるようにしている。

【0037】まず、図7(a)に示すように、マイクロ光学素子3を動かす為のアクチュエータ構造6をフォトリソ工程を用いて作成する。フォトリソ工程により、下電極8、ばね性の中間電極51および上電極7、さらにマイクロ光学素子3との接続する為の支柱52ができ、それらの隙間に犠牲層109が詰まった状態となる。さらに、外側には、壁30の下半部30aが形成されている。そして、犠牲層をエッチングする前に、以下に示すように、マイクロ光学素子の原形を樹脂成形によって作成する。その上に、光学素子3のV形の反射ミラー4aの基礎となるサポート構造5を樹脂で形成し、反射ミラー4aとなる金属、たとえば、アルミニウムなどをスパッタリングなどの方法により付着し成膜する。これらを重ねて、さらに、透明樹脂18をV形の溝に充填し、壁30との間に段差101を有する成形型100によって光学素子3の形状を成形する。これにより、V形の溝に充填された透明樹脂の上面をフラットにしつつ、壁30との間に段差101を正確に成形できる。

【0038】その後、図7(b)に示すように、レジスト膜102を塗布し、部分的に除去するための開口103をパターンニングする。その後、パターンニングによってレジスト膜の除去された場所103を垂直にエッチングする。

【0039】レジスト膜102を除去すれば、図7

(c)に示す形状になる。すなわち、透明な樹脂層4をサポートするV字型の構造5が素子毎に分離され、上面に抽出面3aを備えたマイクロ光学素子3が形成される。また、壁30の上半部30bが同時に形成され、下半部30aおよび上半部30bが重なり、所定の高さの壁30が構成される。一方、樹脂のエッチングでは犠牲層109はエッチングされない為、アクチュエータ6では犠牲層の表面108が露出しただけとなる。

【0040】その後、犠牲層109をプラズマエッチングする方法によって犠牲層109が除去されると、図7(d)に示す様に、アクチュエータ6が静電力で動け、それとともに光学素子3が移動できる空間15が生成される。そして、光学素子3の上面3aと、壁30の上面31との間の段差形成は、成型型100にエッチング等で非常に正確な段差101をつけておけばそれが反映されて極めて精度が高くなる。さらに、マイクロ光学素子3の上面3aと壁30の上面31を形成する型100が同じであるので、正確に段差101が転写される。したがって、本例の製造方法により、正確なサブミクロンの段差16が壁30とスイッチング素子10との間に形成された光スイッチングデバイス50を製造することができる。この光スイッチングデバイス50に、光ガイド1を重ねて組み立てることにより、寸法精度が高く、さらに、壁30により周囲が覆われた光スイッチングユニット55を提供することができる。

【0041】図8に示した光スイッチングユニット55は、上記の製造方法により製造された光スイッチングデバイス50に、光ガイド1を重ねたものである。さらに、本例では、壁30の上面31に反射膜32が蒸着されている。これにより、光ガイド1の中を伝搬する光線2は、壁30の上面31に設けられた反射膜32によって全反射と同じ方向2bに反射する。従って、壁30の上面31に光ガイド1の下面1aが密着しても、壁30の上端に光線2が透過して散乱光等が発生することがなく、光ガイド1の内部を光線2が伝達される。このため、非常に光スイッチングのS/N比が高くなり、信頼性の高い能動型光学素子がアレイ状に配置された光スイッチングユニット55を提供できる。

【0042】図9に示した光スイッチングユニット55は、図7に示した成型型100には段差を設けずに、光学素子3と全反射面1aとの間の距離を精度良く設定できるようにした例である。成型型100に段差を設けないために、犠牲層をエッチングした後の光スイッチングデバイス50の形状は、図9に示すように、光学素子3の抽出面3aと、壁30の上面31のレベルがそろった状態である。したがって、壁30の上面31に、この上面31と接する領域1bと、光学素子3が接する領域(全反射面)1aとの間に所定の段差16がある光ガイド1を接続する。この方法によっても、マイクロ光学素子3と、全反射面1aとの間に所定の距離を精度良く確

保することができる。すなわち、マイクロ光学素子3が、光導入プリズム1の下面1aに接触したり、全反射光がマイクロ光学素子3に進入しない距離(0.5μm以上)に移動したりする間隔を確保することができる。

【0043】光ガイド1の段差16はエッチング等で正確に出来る。このため、光ガイド1の側に段差をつける方法により、光学素子3を成形する成型型100を平面にすることが可能となり、成形時の位置合わせ等に許容誤差の大きな製造方法が採用できる。さらに、マイクロ光学素子3の上面3aと光ガイド1の下面1aとの間に、正確なサブミクロン単位のギャップ17が容易に形成できる。

【0044】また、本例においても、壁30が光ガイド1と接触する部分は上記と同様に反射膜を形成しておくことが望ましい。さらに、光ガイド1の段差16の部分も全反射面にならず、入射光2が透過する。したがって、反射膜を形成するか、あるいは、入射光2と同じ角度の段差として乱反射を防止することが望ましい。

【0045】また、これらの例では、さらに、マイクロ光学素子3の上面3aと光ガイド1の下面1aとの間に、正確なサブミクロン単位のギャップ17が容易に形成できる。したがって、中間電極51と、上電極7との間にストッパを設けなくて良い。すなわち、中間電極51と上電極7との間に電位差を与えることにより引力が発生し、中間電極は上方向に移動し、マイクロ光学素子3は上方へ移動する。この際、中間電極51と上電極7とが接触すると導通してしまう。このため、中間電極51と上電極7とが接触しないように、ストッパを設けるかあるいはいずれか一方の電極を絶縁体で覆う必要がある。しかしながら、本例の光スイッチングユニットにおいては、光学素子3と光ガイド1との距離が非常に精度良く決まるので、光学素子3が光ガイド1に当たった位置で、中間電極51と上電極7との間に微小な空間が保持されるようにすることが可能であり、そのような設計を非常に高精度および高信頼性で実現あるいは実装することができる。したがって、ストッパあるいは絶縁体の層を省くことが可能となり、製造コストを低減することができる。さらに、絶縁層をなくすことにより、絶縁層での帯電も無く、繰り返し耐久性の良い光スイッチング素子を持つ能動型の光学スイッチングユニットを実現できる。

【0046】第2の実施の形態

図10および図11に本発明に係る光スイッチングユニットの異なる例を示してある。図10は、本例の光スイッチングユニット55を上方から光ガイド1を透かして見た平面図であり、図11は断面図である。本例の光スイッチングユニット55も、3×3に光スイッチング素子10がアレイ状に配置された能動型の光学デバイスであり、個々の光スイッチング素子10が隣のスイッチング素子と間隔12を開けて配置されている。また、これ

らの光スイッチング素子10を囲むように段差となる壁30が設けられている。さらに、光スイッチング素子10の間12に、周囲の壁30の上面31と高さが同じ上面を持つ突起19が配置されている。

【0047】本例の光スイッチングユニット55も、静電型のアクチュエータ6により光学素子3が駆動されるタイプの能動型の光スイッチングユニットである。個々の光スイッチング素子10の構成は、上記にて説明したものと同様である。そして、本例の光スイッチングユニット55においても、壁30がアレイ状の光スイッチング素子10を囲む構造であり、アレイ状の光スイッチング素子の空間15を基板20、光ガイド1と共に壁30で封止し、空間15に不活性気体を充填したり、減圧したりできる構造になっている。したがって、本例の光スイッチングユニット55においても、減圧することにより、動作速度を早くでき、さらに、光スイッチング素子を保護することにより信頼性および耐久性が飛躍的に向上した光スイッチングユニットを提供することができる。

【0048】さらに、アレイ状に配置された光スイッチング素子10の中あるいは間12に設けた突起19は、壁30と同様に、光ガイド1の下面1aと上面19aで接触し、光ガイド1を固定する機能を果たす。したがって、光ガイド1の下面の面精度が多少悪い場合、あるいは、スイッチング素子10を囲む空間15が減圧されて周囲との圧力差により光ガイド1の下面1aに挟みがある場合においても、マイクロ光学素子3の上面3aが光ガイド1の下面（全反射面）1aに接触したり、全反射光がマイクロ光学素子に進入しない距離（0.5μm以上）に移動したりする間隔をより正確に確保する事が出来る。

【0049】また、本例においても、突起あるいは支柱19が光ガイドの全反射面1aと接触する部分19aでは、光が乱反射したり、支柱19に光が抜けることがある。したがって、支柱の上面19aに反射膜を形成しておくことが望ましく、これにより光2を他の面と同様に全反射して伝達することができる。

【0050】第3の実施の形態

図12および図13に本発明に係る光スイッチングユニットのさらに異なる例を示してある。図12は、本例の光スイッチングユニット55を上方から光ガイド1を透かして見た平面図であり、図13は断面図である。本例の光スイッチングユニット55も、3×3に光スイッチング素子10がアレイ状に配置された能動型の光学デバイスであり、個々の光スイッチング素子10が隣のスイッチング素子と間隔12を開けて配置されている。また、これらの光スイッチング素子10を囲むように段差となる壁30が設けられている。

【0051】本例の壁30は、アレイ状に配置された光スイッチング素子10を囲む構造であるとともに、その

一部33aおよび33bに窪みを設けてある。窪み33aと33bは同様な窪みであるので、以降では窪み33bについてのみ説明する。窪み33bを横切る面における断面図が図13である。本図に示したように、光ガイド1の下面1aが壁30の上面31に密着固定されており、壁30、光ガイド1および基板20により、光スイッチング素子10を囲む空間15が封止されている。さらに、本例の壁30には窪み33bにより壁30を貫通する孔が形成されている状態である。したがって、この窪み33bにより孔を通して、光ガイド1を段差となる壁30に固定した後、アレイ状に配置された光スイッチング素子10が存在する空間15の雰囲気気を制御することが可能であり、不活性気体を入れて、吸着防止処理あるいは酸化などによる耐久性の劣化を防止することができる。また、空間15を減圧することにより、これらの効果に加え、空気抵抗を低くしてスイッチング速度を高めるとともに駆動電力を下げて消費電力を低減できる光スイッチングユニットを提供することができる。

【0052】上述した壁を備えた光スイッチングユニットにおいては、空間15を減圧する場合、真空チャンバーなどの真空雰囲気の中で、壁30が形成された基板20の上に、光導入プリズムである光ガイド1を固定する作業を行う必要があった。これに対し、本例の光スイッチングユニット55においては、図14に示すように、壁30に貫通孔33が設けられているので、予め光ガイド1を固定した後に、真空チャンバーなどの真空雰囲気のできる容器に入れることができる。したがって、空間15を減圧するのが容易となる。

【0053】そして、図15に示すように、空間15の空気が排出された後に、接着剤34を塗布することにより窪みあるいは孔33aおよび33bを塞ぐことができる。この方法により、アレイ状に配置された光スイッチング素子10が存在する空間15を満たす気体が減圧された状態で空間15を封止できる。さらに、減圧する前に、空間15を不活性な気体で置換することにより、さらに、残存する空気または湿分あるいは水分による影響を防止することができる。この様に、アレイ状の光スイッチング素子10が存在する空間15を不活性な気体を減圧して保つことにより、スイッチングユニット55の信頼性を高めると同時に、エアーダンピング効果を減少させ、より高速な光スイッチングを行うことができる光スイッチングユニット55を提供することができる。

【0054】図16および図17に壁30を貫通する孔およびそれを塞ぐ手段の異なった例を示してある。本例では、アレイ状の光スイッチング素子10が存在する空間15の周囲を取囲む壁30の窪み33cが壁30の上面31の一部が凹むように設けられており、壁30の上面31に光ガイド1を固定した状態では壁30を貫通する孔が形成される。この状態で、撥水処理、気体の封入、加圧又は減圧を行うことができる。その後、壁30

の上面31に窪み33cを覆うように膜着けを行い、パターンニングによって窪み33cを封止する形状とする。これにより、貫通穴33cが膜34によって塞がれるので、アレイ状に光スイッチング素子10が存在する空間15を封止することが出来る。この様な方法を用いると、孔を塞ぐための接着剤が固まる前に、壁の上面と光ガイドの下面との間に侵入し、全反射面1aを汚染したり、光学素子3が全反射面1aに付着するような不具合が発生する可能性をなくすることができる。また、接着剤の硬化時における変形などもないので、光ガイド1と光学素子3との間の距離をさらに正確に設定することができ、強固な封止が容易に実現できる。

【0055】第4の実施の形態

図18ないし図21に本発明に係る光スイッチングユニットのさらに異なる例を示してある。図18は、本例の光スイッチングユニット54を上方から光ガイド1を透かして見た平面図であり、図19ないし図21は断面図である。本例の光スイッチングユニット54も、3×3に光スイッチング素子10がアレイ状に配置された能動型の光学デバイスであり、個々の光スイッチング素子10が隣のスイッチング素子と間隔12を開けて配置されている。また、これらの光スイッチング素子10を囲むように段差となる壁30が設けられている。さらに、壁30には、貫通あるいは連通するように孔33aおよび33bが設けられており、これらの孔33aおよび33bを通じて空間15が減圧された後、適当な樹脂による膜34により孔33aおよび33bは封止されている。さらに、壁30および封止膜34は金属酸化膜あるいは金属薄膜35によりコーティングされており、さらにガスが透過しないようになっている。

【0056】また、本例の光スイッチングユニット54においては、図19ないし図21に示すように、光スイッチング素子10がアレイ状に配置された空間15は、壁30と、基板20と、平板状のカバー60とにより囲われており、平板状のカバー60が光導入用のプリズム本体61に密着し、光ガイド1としての機能を果たすようになっている。すなわち、平板状のカバー（以降では封止板あるいは封止プリズム）60は光導入プリズム61と同じ屈折率の透明な部材により構成されており、その下面が全反射面1aとしての機能を果たし、光導入プリズム61に入射した光2は封止プリズム60の下面1aで全反射される。そして、光スイッチング素子10の光学素子3が、封止プリズム60の下面1aに接触したり、離れることにより光がスイッチングされる。

【0057】光ガイド1を、このような平板状の封止プリズム60と、光導入プリズム61とに分け、封止プリズム60だけを取り付けた状態でいったんユニット54を製造することにより、空間15を封止するときには大型の光導入プリズム61を基板20に組み立てる必要がなくなる。したがって、減圧処理する際のデバイスの寸

法は小さくなり、非常にハンドリングしやすくなる。さらに、図18に示すように基板20の表面20aには、光スイッチング素子10に駆動信号を供給するための電極70が配列されるが、光導入プリズム61を取り付けた状態では電極70に対しボンディング作業がし難いのに対し、封止プリズム60を取り付けた状態では十分なスペースが確保されるのでボンディング作業が行い易いといったメリットもある。

【0058】この封止プリズム（封止板、カバーガラス）60は、デバイス全体の厚みを薄くするという点では、封止プリズム自体も薄い方が望ましい。しかしながら、減圧したとき、すなわち、外気との圧力差が1気圧になると、それに起因する応力によって封止プリズム60が内部に歪む。この歪が大きいと、スイッチング素子10の光学素子3が封止プリズム60の下面1aに密着しにくくなり、エバネセント光の抽出効率が低下する。このため、封止プリズム60は気圧差による変形が一定の範囲内に収まる厚みにすることが望ましい。たとえば、封止プリズム60として石英ガラスを用い、変形を5mmに対し30nm程度以下、すなわち、 10^{-5} から 10^{-6} 程度の変形度に収めるためには、一辺が5mmから10mm程度のサイズの石英ガラス製の封止プリズム60ではその厚みを3mm程度以上にすることが望ましい。

【0059】さらに、本例の光スイッチングユニット54においては、壁30を樹脂モールド39により成形している。したがって、基板20と、封止プリズム60との間隔を適当に設定した後に樹脂をそれらの周囲に沿って注入あるいは塗布などの方法により壁30を形成する。この際、基板20と封止プリズム60との間隔を精度良く設定するためには、接着剤などにより仮止めした後に、モールド用の樹脂を注入したり、あるいは、適当な高さのスペーサを挟んで基板20と封止プリズム60との高さを設定した後にモールド用の樹脂を注入することが望ましい。

【0060】さらに、先の実施の形態において説明したように、型成形などによってリジッドな壁30を成形し、その外側にモールド樹脂39を塗布して空間15を封止することも可能である。さらには、樹脂の中に距離を維持するスペーサあるいはフィラーなどを混入した状態で塗布した後に封止プリズム60を組み立てることも可能である。

【0061】仮止め用の接着剤あるいはモールド用の樹脂39としては、UV硬化型の樹脂で、さらに、粘度も高く硬化後のアウトガスの量が少ないものが望ましい。基板20と封止プリズム60の間に適当に侵入した状態で硬化させるには、アクリル樹脂あるいはエポキシ樹脂系のUV硬化型の樹脂が取り扱いやすい。樹脂の粘度が低いと、空間15の内部に浸透してしまいスイッチング素子10の作動を阻害する可能性がある。一方、粘度

が高いと作業性が悪化する。このため、粘度は2万から15万cP程度が適当である。また、モールド樹脂による空間内部を減圧封止するのであるが、封止した後に樹脂からアウトガスが発生すると減圧効果が薄れる。このため、アウトガスはできるだけ少ないことが望ましい。たとえば、硬化後、120℃で2時間加熱したときに減量、すなわち、ガス化するレートが0.5%程度以下の樹脂を選択することが望ましい。さらに、ガス、たとえば、空気、水蒸気などの透過率のできるだけ低い樹脂が望ましい。このような条件を満たす樹脂はいくつかあり、たとえば、協立化学産業株式会社製のワールドロックNo. 8723を挙げることができる。

【0062】そして、本例においては、図19に示すように、樹脂モールド39により壁30を成形する際に、壁30の外周面36を封止ブリズム60から基板20に向かって徐々に広がるテーパー状にしている。モールド樹脂のつけ方はいくつか考えら得るが、半球状などの状態で成形すると、モールド樹脂と封止ブリズム60あるいは基板20との接触面積が小さくなりやすく、外気が侵入しやすい。さらに、以下で、モールド樹脂39の表面を金属薄膜35で覆い、ガスバリアを製造しているが、蒸着あるいはスパッタリングなどにより金属薄膜35を成膜するときに、面が一方方向に一樣に広がった形状であると均質な膜を作りやすい。これに対し、半球状などのように面に凹凸があると成膜できない部分が発生し、ガスバリア膜を成形しても充分な効果が得られない。

【0063】図20に、モールド樹脂による壁30の外側にガスバリア膜35を成形した状態を示してある。上述したように、本例の光スイッチングユニット54においては、封止ブリズム60と基板20との間にモールド樹脂39により壁30を成形し、その際に空間15と外部とを連通する連通孔33が開いた壁30とする。そして、真空チャンバーなどに入れて内部の空間15を減圧する。その後、封止膜34を成形して空間15が減圧された状態とする。これらの工程は、たとえば、UV透過性の真空チャンバーを用いれば、真空中に減圧された状態で、壁および連通孔33を封止する膜34を硬化させることができ、チャンバー内で連続作業することにより空間15を高真空にすることができる。さらに、後処理として、ガスバリア膜35をモールド樹脂による壁30および封止膜34の外側に成形することにより、密着性を高めると共に、壁30を透過してガスが空間15に侵入するのを防止している。

【0064】ガスバリア膜としては、緻密な薄膜を成形できる、酸化シリコン、酸化アルミニウムなどの金属酸化物、窒化シリコンなどの金属窒化物、アルミニウムなどの金属を用いることが望ましい。これらにより、50から5000オングストローム、すなわち、5から500nmの膜厚のガスバリア膜を成膜することによりガス透過率を大幅に改善できる。

【0065】さらに、成膜に際しては、真空蒸着法を用いることができるが、イオンアシスト蒸着法、イオンプレーティング蒸着法、酸化反応蒸着法などの蒸着法を素材に合わせて採用することにより、緻密でガスバリア効果の高い薄膜を成形することができる。金属製又はその他の導電性のガスバリア膜を形成する場合は、周囲に配置されている電極との干渉を避けるように蒸着することが要求される。

【0066】このようにして、スイッチング素子が並んだ空間15を減圧処理した光スイッチングユニット54を、図21に示すように、光ガイド1の本体となる光導入ブリズム61に取り付けることにより、導入された光をスイッチングすることができる光スイッチングユニット55を組み立てることができる。

【0067】これらの実施の形態で示した光スイッチングユニットは、光スイッチング素子が並んだ空間15が外界に対し封止されており、その内部を減圧することができる。したがって、空気抵抗を少なくすることができ、シミュレーションでは動作速度を4倍以上まで高速化できる。さらに、水分による吸着効果もなくなるので、実際に高速化に寄与する率はいっそう高いと考えられる。

【0068】そして、光スイッチング素子の光学素子を駆動する際の気体による抵抗力が減少し、また、水分などによるスイッチングに対処するためのパワーが不要になる。さらに、電極間の接触を防止するために絶縁層を設けると僅かではあるが電荷が溜まり、その電荷によって静電吸着を起すが、上述したようにギャップを精度良く管理することにより光ガイドをストッパとして利用して絶縁層も省くことができる。したがって、本発明の光スイッチングユニットにおいてはこれらの要因によりアクチュエータを駆動するのに必要とする電力も下げることが可能となり、消費電力が少なく、高速で動作する光スイッチングユニットを提供することができる。

【0069】空間15を減圧することにより、さらに、ブリズムの反射面4aに金属膜を用いている場合は、減圧することにより、酸化を防止でき、それによる反射率が低下することも防止できる。また、酸素を介在とした光との相互作用により、光学素子を構成する樹脂が劣化することも防止できる。このため、本発明の光スイッチングユニットにおいては、光学特性も良好のまま保持することができ、耐久性および信頼性を大幅に向上できる。

【0070】なお、上記では、アクチュエータ6として上下の電極7および8に加え、中間電極51を備えた光スイッチング素子および光スイッチングユニットに基づき本発明を説明しているが、上下電極でアクチュエータを構成する光スイッチング素子および光スイッチングユニットであっても良いことはもちろんである。さらに、静電式のアクチュエータに変わり、ピエゾ素子などの他

の形式のアクチュエータを用いた装置にも本発明を提供することができる。また、上記の実施の形態のいくつかでは、壁30の上面31が反射性であることを記載していないが、先に説明したように、上面には反射膜を形成することにより光の有効利用が図れ、また、画像形成する場合はコントラストを上げることができる。

【0071】そして、これらの本発明に係る光スイッチングユニット55は、いずれも、図1に示した画像表示装置80にライトバルブとして適用可能なものであり、光源81より出射した光はレンズなどにより色フィルタ82に集光させ、コリメートレンズなどを経てより平行光となり、光導入プリズムとしての機能を備えた光ガイド1に入射する。光ガイド1に入射した光は、全反射面1aに取り付けられた上述した能動型の光スイッチングデバイス50に入射し、それらにアレイ状に配列された光スイッチング素子10あるいは光学素子3により画素表示をするために選択的にスイッチングされ出射される。画像情報を持った光85は投射レンズ86によってスクリーン89に投影され、動画等を表示する。このように、構造が複雑でなく、工程も少ない能動型の光学素子およびそれを備えた光スイッチングユニット55を実現できるため、画像表示装置に要求される、信頼性、耐久性が非常に良い画像表示装置を提供できる。また、導入プリズム、投射レンズ等が小さくできる為、軽重で、省電力な画像表示装置を実現できる。

【0072】さらに、本発明に係る光スイッチングユニットは、光をデジタル的に高速でオンオフできるものであり、画像表示装置に限らず、光コンピュータ、光プリンタなどの現在開発が進んでおり、今後実用化が望まれる光を媒体として装置に対し適用できるものである。

【0073】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、光スイッチング素子の光学素子が動く1ミクロン以下の間隔を非常に精度良く実現でき、しかも、精度の良い間隔を確保する為の段差あるいは壁を容易に作ることができる。したがって、光学素子を駆動するアクチュエータの駆動電圧のばらつきが抑えられ、しかも、間隔を狭く出来る為、低い電圧での駆動も可能となり、省電力な能動型の光スイッチングユニットを提供できる。

【0074】このような、非常に精度の高い壁は、樹脂転写技術によりマイクロ光学素子を製作する工程と同じ工程で同時に出来る。したがって、非常に安価で省エネルギーの製作工程が実現できた。

【0075】そして、壁を用いて、光スイッチング素子が並んだ空間を光ガイドおよび基板との間を精度良く維持できると共に、壁によりこの空間を封止できる。したがって、本発明においては、光学素子およびアクチュエータを備えた光スイッチング素子の信頼性を高めると同時に、この空間を減圧状態に保つことにより光スイッチング速度を上げることもできる。

【0076】また、光スイッチング素子が並んだ領域を封止して減圧することにより、水分によるスティンキング、プリズムの反射面を構成する金属膜の劣化、酸化による光学素子などの材料劣化なども防止することができる。

【0077】従って、本発明の光スイッチングユニットにより、高速で、コントラストが高く、信頼性および耐久性が高く、さらに、高諧調表示が可能なデジタル光変調装置を提供できる。このため、本発明の光スイッチングユニットをライトバルブとして用いることにより、信頼性および耐久性が非常に良い画像表示装置が実現でき、軽重で、省電力な画像表示装置が実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】エバネセント光を利用した画像表示デバイスを用いたプロジェクタの概要示す図である。

【図2】エバネセント光を利用した画像表示デバイス（光スイッチングデバイス）の概要を示す図である。

【図3】エバネセント光を利用した光スイッチングデバイスの異なる例を示す図である。

【図4】本発明の第1の実施の形態に係る光スイッチングユニットの概要を示す図である。

【図5】図4に示す光スイッチングユニットの断面図である。

【図6】応答速度と空気圧力との関係をシミュレーションした結果を示すグラフである。

【図7】図4に示す光スイッチングユニットの製造方法の一例を示す図である。

【図8】上記と異なる光スイッチングユニットの一例を示す図である。

【図9】上記とさらに異なる光スイッチングユニットの一例を示す図である。

【図10】本発明の第2の実施の形態に係る光スイッチングユニットの概略を示す図である。

【図11】図10に示す光スイッチングユニットの断面図である。

【図12】本発明の第3の実施の形態に係る光スイッチングユニットの概略を示す図である。

【図13】図12に示す光スイッチングユニットの断面図である。

【図14】図12に示す光スイッチングユニットで減圧する様子を示す図である。

【図15】図12に示す光スイッチングユニットで連通孔を封止する様子を示す図である。

【図16】上記と異なる封止膜の構成を示す図である。

【図17】図16の断面図である。

【図18】本発明の第4の実施の形態に係る光スイッチングユニットの概略を示す図である。

【図19】図18に示す光スイッチングユニットの断面図であり、モールド樹脂により壁を形成した状態を示す図である。

【図20】図18に示す光スイッチングユニットの断面図であり、ガスバリア膜を形成した状態を示す図である。

【図21】光導入プリズムを重ねた状態を示す断面図である。

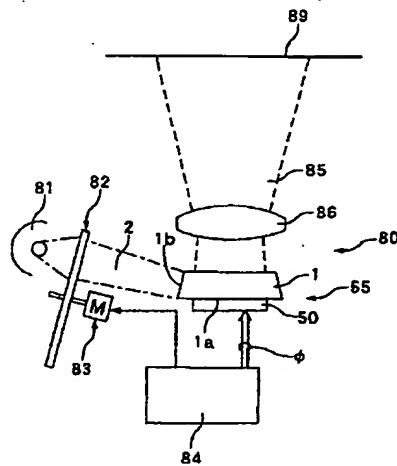
【符号の説明】

- 1 導光板（光ガイド）
- 1a 全反射面
- 2 照明（入射）光
- 2a 出射光
- 3 光学素子
- 3a 抽出面
- 4 マイクロプリズム
- 5 V型のサポート構造
- 6 アクチュエータ
- 7 上電極およびばね構造
- 8 下電極
- 9 アンカー
- 10 光スイッチング素子
- 11 ポスト（支柱）
- 15 光スイッチング素子が並んだ空間

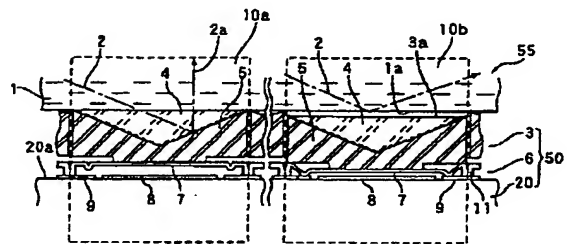
- * 17 全反射面と抽出面とのギャップ
- 20 半導体基板
- 30 壁
- 31 壁の上面
- 32 反射膜
- 33 壁の貫通孔（窪みまたは連絡孔）
- 34 封止膜
- 35 ガスバリア
- 36 モールド樹脂の外面
- 10 39 モールド樹脂
- 50 光スイッチングデバイス（画像表示デバイス）
- 51 中間電極
- 54 封止プリズムを採用した光スイッチングユニット
- 55 光スイッチングユニット（画像表示ユニット）
- 60 平板状のカバーガラス（封止プリズム、封止板）
- 61 光ガイドの光導入プリズム（台形プリズム）
- 70 ボンディングパッド（接続用の電極）
- 20 80 プロジェクタ

*

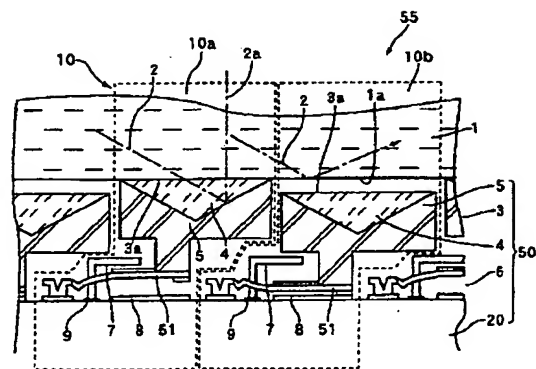
【図1】



【図2】

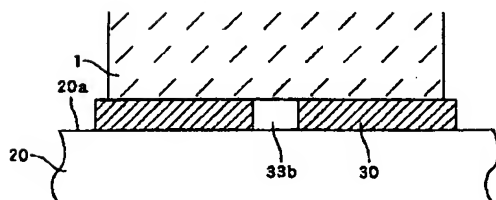


【図3】

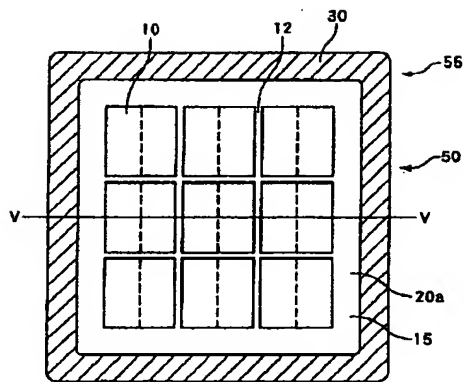


【図13】

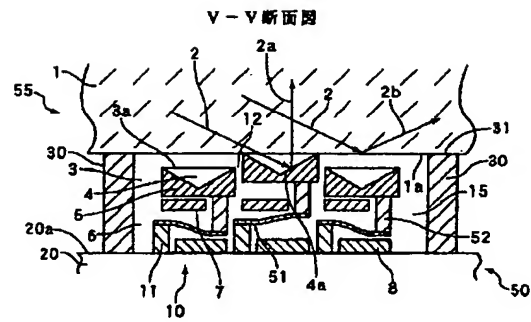
図一 断面図



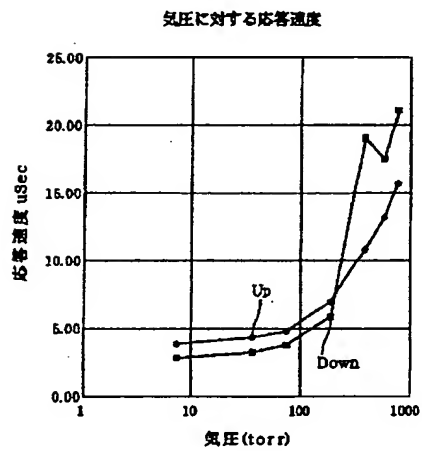
【図4】



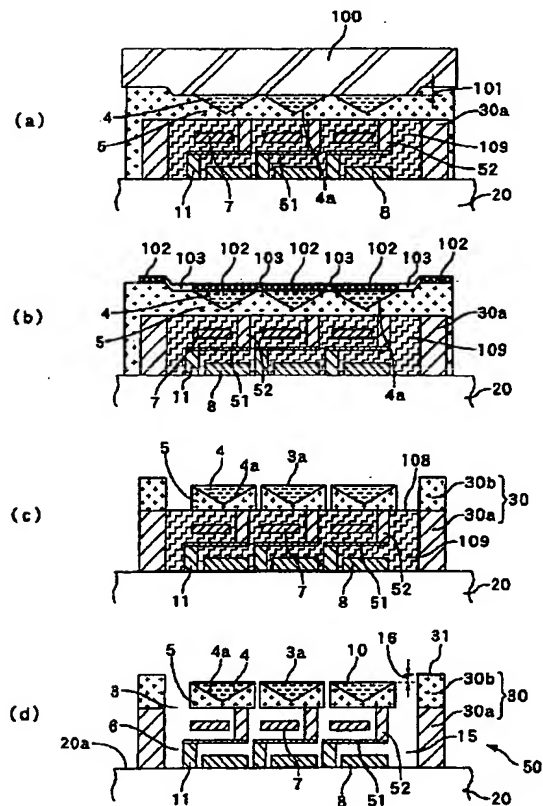
【図5】



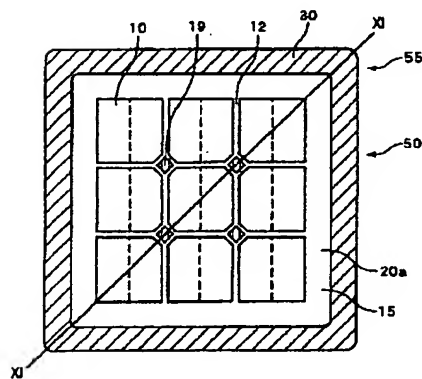
【図6】



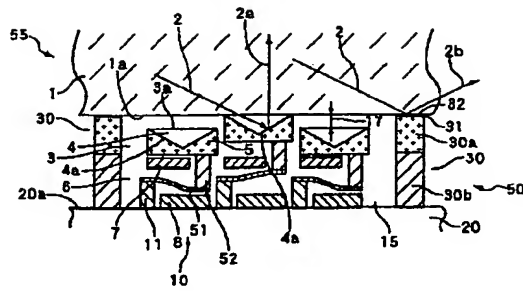
【図7】



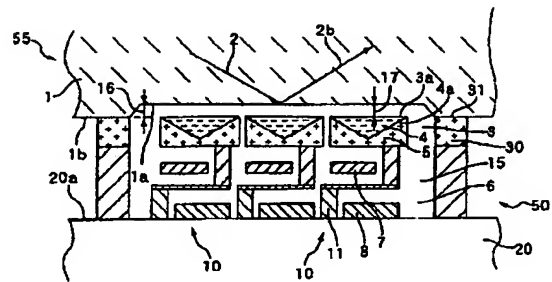
【図10】



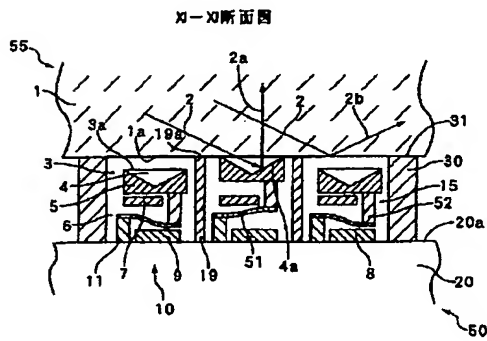
【図8】



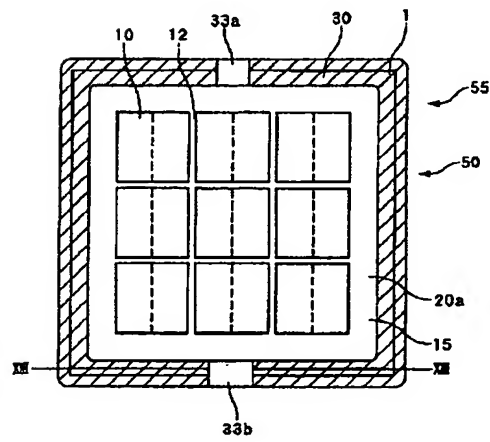
【図9】



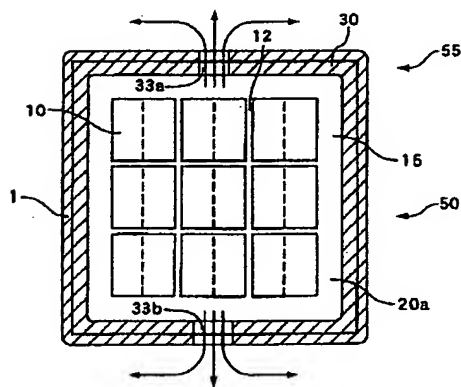
【図11】



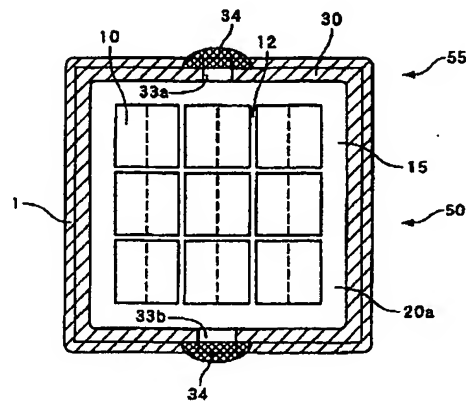
【図12】



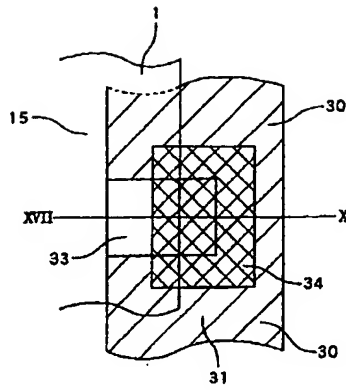
【図14】



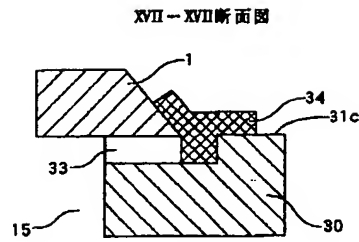
【図15】



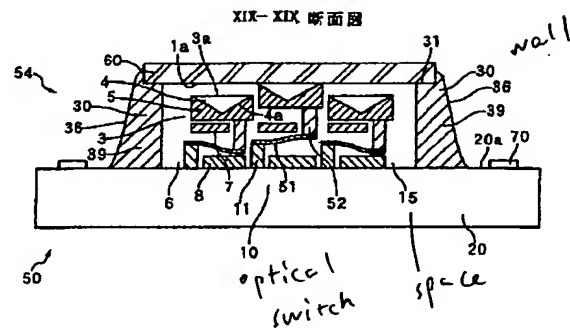
【図16】



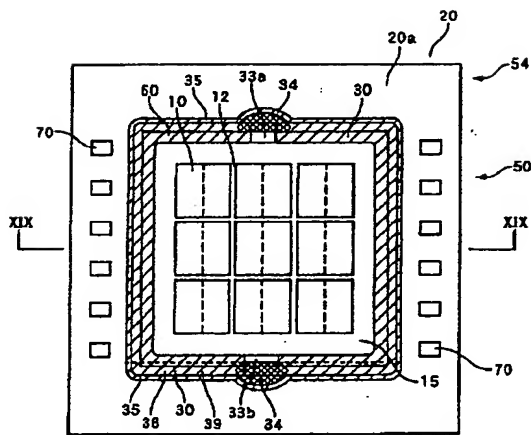
【図17】



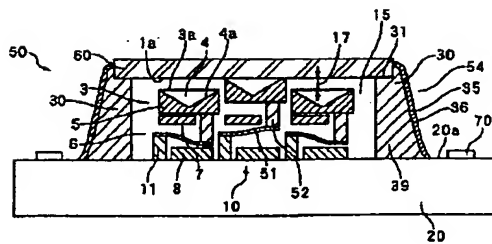
【図19】



【図18】



【図20】



【図21】

